

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-115340

(43)Date of publication of application : 27.04.1990

(51)Int.Cl.

C22C 32/00

C22C 1/05

C22C 21/00

(21)Application number : 63-266876

(71)Applicant : SHOWA ALUM CORP

(22)Date of filing : 21.10.1988

(72)Inventor : MIURA TSUNEMASA
FUKUI KOICHIRO

(54) ALUMINUM MATRIX COMPOSITE MATERIAL HAVING EXCELLENT HEAT RESISTANCE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the heat resistance, wear resistance, low thermal expansion coefficient and workability of the title material, in an oxide dispersion reinforced Al matrix composite for internal combustion engine parts of a vehicle, by specifying the purity of Al for a matrix and the grain size and the content to be dispersed in specific grains.

CONSTITUTION: Pure Al powder of $\geq 99.0\%$ purity as a matrix and Si grains of 0.1 to 100μ average grain size as reinforcing grains are subjected to ball mill treatment into mixed powder. The powder is packed into a vessel to execute degassing and is subjected to hot compacting into a lump which is thereafter subjected to hot forming by the working such as hot forging and hot rolling to obtain a composite material. At this time, during the ball mill treatment, Al_2O_3 and Al_4C_3 grains as reinforcing grains are formed by the reaction of Al, O₂ in the atmosphere and C in an organic antiseize agent to be added out of necessity. At the same time, $V_f(Si)$, i.e., the volume rate of Si grains and $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3)$, i.e., the total volume rate of Al_2O_3 grains and Al_4C_3 grains are uniformly dispersed into the matrix in the ratio of the inequality I to II.

$$V_f(Si) \geq 9\% \quad I$$

$$V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) \leq 20\% \quad II$$

$$V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f(Si) \leq 40\% \quad III$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-115340

⑬ Int.Cl.⁸

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)4月27日

C 22 C 32/00
1/05
21/00

C
E

7047-4K
7619-4K
6813-4K

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 耐熱性に優れたアルミニウム基複合材料及びその製造方法

⑯ 特 願 昭63-266876

⑰ 出 願 昭63(1988)10月21日

⑱ 発 明 者 三 浦 恒 正 大阪府堺市海山町6丁224番地 昭和アルミニウム株式会社内

⑲ 発 明 者 福 井 紘 一 郎 大阪府堺市海山町6丁224番地 昭和アルミニウム株式会社内

⑳ 出 願 人 昭和アルミニウム株式会社 大阪府堺市海山町6丁224番地

㉑ 代 理 人 弁理士 清水 久義

明 細 書 (3)

1. 発明の名称

耐熱性に優れたアルミニウム基複合材料及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) Al純度99.0%以上の純アルミニウム材をマトリックスとし、かつ平均粒子径0.1~100μmのSi粒子と、Al₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子とを分散強化粒子として、これら分散強化粒子がSi粒子体積率V_f(Si)とAl₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子の合計体積率V_f(Al₂O₃+Al₄C₃)において、

$$V_f(Si) \geq 9\%,$$

かつ

$$V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) \leq 20\%,$$

かつ

$$V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f$$

$$(Si) \leq 40\%$$

の割合でマトリックス中に均一分散されてな

ることを特徴とする耐熱性に優れたアルミニウム基複合材料。

(2) マトリックスとしてのAl純度99.0%以上の純アルミニウム粉末と、強化粒子としての平均粒子径0.1~100μmのSi粒子とを混合し、ボールミル処理法によって複合粉末としたのち、該複合粉末を所定形状に熱間成形するに際し、前記ボールミル処理中に、アルミニウムと雰囲気中の酸素及び必要に添加される有機焼付防止剤中の炭素との反応により強化粒子としてのAl₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子を生成分散させるとともに、Si粒子体積率V_f(Si)とAl₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子の合計体積率V_f(Al₂O₃+Al₄C₃)を、

$$V_f(Si) \geq 9\%,$$

かつ

$$V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) \leq 20\%,$$

かつ

$$V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f$$

$(Si) \leq 40\%$

に規定することを特徴とする耐熱性に優れたアルミニウム基複合材料の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

この発明は、車両用の内燃機関部品、例えばピストン等に好適に使用される耐熱性に優れたアルミニウムベースの複合材料、即ちアルミニウムをマトリックスとして該マトリックス中に分散強化粒子が均一分散された分散強化型の耐熱性に優れたアルミニウム基複合材料に関する。

従来の技術と課題

ピストン等の内燃機関部品は、150～400℃の高温下において物理的に苛酷な条件で使用される部品であるところから、その材料は耐熱強度、耐摩耗性のいずれにも優れ、かつ高熱伝導率、低熱膨脹率のものであることが要請される。

一方において、車両に対する重量低減等の要請から可及的軽量であることが望まれる。また、

摩耗性、加工性にも優れ、前記要求諸特性に対して高い満足度を得ることのできる、内燃機関用部品等として好適なアルミニウム基複合材料及びその製造方法を提供することを目的としてなされたものである。

課題を解決するための手段

上記の目的において、本発明者らは、種々実験と研究の結果、粒子分散強化型のアルミニウム基複合材料において、マトリックスとして用いるアルミニウム粉末のAl純度、強化粒子の種類、特定強化粒子の粒径、及び分散含有量の特定範囲の組合せによって、前記従来合金にもまして卓越した耐熱強度、耐摩耗性、低熱膨脹率、加工性を得ることを見出し、この発明を完成した。

而して、この発明は、Al純度99.0%以上の純アルミニウム材をマトリックスとし、かつ平均粒径0.1～100μmのSi粒子と、Al₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子とを分散強化粒子として、これら分散強化粒子がSi粒子

製造面からは切削等の加工上問題のないことも望まれる。

このような要請のもとで、内燃機関部品としては従来I/M法によるAC8A、AC8B等のAl-Si系合金が用いられていたが、高温強度の面で今1つ不十分であった。たとえば引張強度として200℃で17kgf/mm²、300℃で7kgf/mm²程度の強度しか有しないため、十分に満足すべき部品の薄肉化、軽量化を達成することができなかった。

このため、最近ではP/M法によるAl-Si合金が提供されているが、コストアップに見合うだけの耐熱性の向上が得られていなかった。またボールミル処理によってアルミニウムマトリックス中にAl₂O₃やSiC等の硬質粒子を分散させた粒子分散強化型Al合金も提供されているが、耐熱性は向上するものの切削性(工具寿命)が劣化するという欠点があった。

この発明は、上記のような技術的背景のもと、耐熱性に優れ軽量化が可能であるととともに耐

体積率 $V_f(Si)$ とAl₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子の合計体積率 $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3)$ において、 $V_f(Si) \geq 9\%$ かつ $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) \leq 20\%$ かつ $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f(Si) \leq 40\%$ の割合でマトリックス中に均一分散されてなることを特徴とする耐熱性に優れたアルミニウム基複合材料を提供するものである。さらにはまた、複合材料の製造方法に関し、マトリックスとしてのAl純度99.0%以上の純アルミニウム粉末と、強化粒子としての平均粒径0.1～100μmのSi粒子とを混合し、ボールミル処理法によって複合粉末としたのち、該複合粉末を所定形状に熱間成形するに際し、前記ボールミル処理中に、アルミニウムと雰囲気中の酸素及び必要に添加される有機焼付防止剤中の炭素との反応により強化粒子としてのAl₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子を生成分散させるとともに、Si粒子体積率 $V_f(Si)$ とAl₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子の合計体

積率 $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3)$ を、 $V_f (Si) \geq 9\%$ 、かつ $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3) \leq 20\%$ かつ $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f (Si) \leq 40\%$ に規定することを特徴とする耐熱性に優れたアルミニウム基複合材料の製造方法を提供するものである。

まず、この発明における構成要件の各限定理由について説明する。

マトリックスとするアルミニウム材の純度が99.0%以上に規定されるのは、複合材の高熱伝導率を実現するためである。

強化粒子たるSi粒子は、低熱膨脹率及び耐摩耗性を付与するために複合されるものである。ここに、単に低熱膨脹率及び耐摩耗性の付与のためには、他の硬質粒子でも良いが、複合材の軽量化を図るためには比重がアルミニウムマトリックスの2.7以下が良い。そのような粒子としては、Si (比重: 2.3) 及びB₄C (比重: 2.5) がある。しかし、B₄CはHv3700と非常に硬いため切削加工時の工具

寿命が短くなる。一方SiはHv1200と硬質バイトの硬さ(約Hv1800)より小さく、また現実にはAl-Si合金で工具寿命の長さは実績があり、その点で問題はない。さらにSiは熱伝導率が0.20 cal/cm・sと高く、また現実にはAl-Si合金ピストン等で実績もあり、複合材に高熱伝導率を付与することができる。従って硬質粒子としてSi粒子を複合させることとした。ここに、Si粒子の平均粒径が0.1μm未満では得られる複合材の耐摩耗性が不十分であり、一方100μmを超えるとピストン等内燃機関部品の鍛造加工時に割れが発生し易くなる。従って、耐摩耗性、鍛造加工性の両方を満足させるためには平均粒径0.1~100μmの範囲のものをを用いなければならない。

他の強化粒子たるAl₂O₃粒子は複合材の製造過程において、ボールミル処理中に雰囲気中の酸素とアルミニウムとが反応することにより形成されるものである。また、同じく他の強

化粒子たるAl₄C₃粒子は同じくボールミル処理中に混合粉末材料中に必要的に添加される有機焼付き防止剤中の炭素とアルミニウムが反応することにより形成されるものである。

而して、上記の強化粒子はそれらの分散含有量がSi粒子体積率 $V_f (Si)$ とAl₂O₃粒子及びAl₄C₃粒子の合計体積率 $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3)$ において、 $V_f (Si) \geq 9\%$ かつ $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3) \leq 20\%$ かつ $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f (Si) \leq 40\%$ の範囲とすることが必要である。かかる体積率は、複合材の耐熱強度、低熱膨脹率等を制御する重大な要素となる。即ち、 $V_f (Si) \geq 9\%$ に規定されるのは、9%未満では低熱膨脹率が得られなくなるからである。好ましい $V_f (Si)$ の範囲は10~20%程度である。 $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3) \leq 20\%$ に規定されるのは、20%を超えると非常に脆いものとなり、内燃機関部品の鍛造加工ができないためである。好ましい V_f

(Al₂O₃ + Al₄C₃) の範囲は3~11%程度であり、特に3~8%とするのが良い。また、前述のように、低熱膨脹率及び耐摩耗性付与の目的でSi粒子を複合するため、 $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f (Si) \leq 40\%$ と総量を規定する。これは、40%を超えるとやはり複合材が脆いものとなり、鍛造加工性に悪影響を及ぼすためである。

上記複合材の製造は、Al粉末と強化粒子とを必要に応じて予備混合したのち、ボールミル処理により複合粉とし、これを回収して圧粉容器に充填し、脱ガス処理を行う。そして更に熱間圧粉を行って所定の塊としたのち、熱間押出し、熱間鍛造、熱間圧延等の所要の熱間加工を施して所期する分散強化型Al基複合材を得るものである。なお、上記工程は、バッチ処理工程によるが、連続処理工程で複合材をつくる場合は、ボールミル処理後、搬送、脱ガス、コンテナ充填、熱間圧粉の処理を順次行い、次いで上記熱間押出し等の成形加工を施して製品とす

るものである。

上記の製作工程におけるボールミル処理は、所定量の Al_2O_3 粒子を生成させるため、雰囲気酸素濃度を1%程度あるいはそれ以下に調整するのが望ましい。同じくボールミル処理中に生成される Al_4C_3 粒子の含有量の調整は、有機焼付き防止剤の添加量の調整によれば良い。ここに、焼付き防止剤には、エタノールその他の各種有機溶剤が使用される。

実施例

実施例1

この実施例は、 $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3)$ 及び $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f (Si)$ と複合材の耐熱強度及び鍛造加工性との関係調べたものである。

而して、平均粒径 $4.5\mu m$ のエアトマイズ法によるアルミニウム粉末と、分散強化用の平均粒径 $1\mu m$ 、Si純度98%のSi粒子粉末とをSi粒子の体積率 $V_f (Si)$ を第1表のように各型に変えて、全体重量1kgに秤量し、

0℃における引張強度を測定するとともに、500℃における限界撓込率を調べ、従来材としてのAC8A-T5金型鋳造材のそれと比較した。その結果を第1表に示す。

[以下余白]

ミキサーで2000rpm×4分間予備混合した。

そして、この混合物に、雰囲気酸素濃度を第1表のように調整維持したArガス雰囲気中で3/8"スチールボール40kgを用いたボールミルにより、280rpm×1時間のボールミル処理を施して複合粉を製造した。このボールミル処理工程において焼付防止剤として第1表に示す添加量のエタノールを添加した。このボールミル処理中に生成された Al_2O_3 粒子及び Al_4C_3 粒子の合計体積率 $V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3)$ は第1表のとおりであった。

次に、上記によって得た複合粉をArガス雰囲気中で Al 製圧粉容器に充填し、 3×10^{-3} Torr×5時間の真空脱ガス処理を行ったのち、熱間プレス機により500℃×7000kgf/cm²の条件で圧粉成形を行い、得られたピレットを押出比10:1、押出温度450℃で押出し成形し、丸棒形状の各種のアルミニウム基複合材料を得た。

そして、これらの各種複合材料につき、30

第1表

試料No	$V_f (Si)$ (%)	$V_f (Al_2O_3 + Al_4C_3)$ (%)	エタノール 添加量 (cc)	雰囲気 酸素濃度 (%)	0B 300℃ (kgf/cm ²)	限界撓込率 500℃ (%)
1	0	6	40	0.1以下	21	65
2	0	19	40	1	30	55
3	0	23	80	1	34	25
4	15	9	80	0.1以下	28	58
5	25	11	80	0.1以下	31	53
6	35	10	80	0.1以下	36	20
比較					7	67
AC8A-T5						

第1表に示される結果から、 Al_2O_3 粒子及び Al_4C_3 粒子を分散したものは従来のACBA-T5金型鋳造材より耐熱強度に優れているが、 $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3)$ が20%を超えるもの(試料No3)、及び $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3) + V_f(Si)$ が40%を超えるもの(試料No6)は500℃の限界掘込率が25%あるいは20%と悪く鍛造加工が不能である。

実施例2

この実施例は、 $V_f(Si)$ と複合材の熱膨脹係数の関係を調べたものである。

$V_f(Si)$ の値を第2表のように各種に変えたとともに、ボールミル処理条件のうち、Ar雰囲気中の酸素濃度を0.1%以下、エタノール添加量を40ccに設定して $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3)$ を6%にした以外は前記実施例1と同様の条件及び製造方法により各種の複合材を得た。

そして、この各種複合材の熱膨脹係数を測定

Si粒子の平均粒子径を下記第3表のように各種に変えたとともに、 $V_f(Si)$ を15%に設定し、ボールミル処理条件のうち、Ar雰囲気中の酸素濃度を0.1%以下、エタノール添加量を40ccに設定して $V_f(Al_2O_3 + Al_4C_3)$ を6%にした以外は前記実施例1と同様の条件及び製造方法により各種の複合材を得た。

そして、この各種複合材の比摩耗量、500℃の限界掘込率を測定し、従来材ACBA-T5金型鋳造材のそれと比較した。耐摩耗性試験は、大越式摩耗試験機により、無潤滑、相手材：FC30、摩掠速度：1.99m/s、摩掠距離：600m、最終荷重：2.1kgの条件で測定した。結果を第3表に示す。

[以下余白]

し、従来のACBA-T5金型鋳造材のそれと比較した。その結果を下記第2表に示す。

第2表

試料No		$V_f(Si)$ (%)	熱膨脹係数 ($10^{-6}/^{\circ}C$)
比較	7	0	23.9
	8	5	22.4
発明	9	9	19.9
	10	15	18.0
ACBA-T5		—	19.5

第2表に示される結果から、 $V_f(Si) \geq 9\%$ の範囲を逸脱する複合材は熱膨脹係数が大きく、範囲を満足する複合材は従来のACBA-T5材と同等ないしはそれ以上の熱膨脹係数を有するものであることがわかる。

実施例3

この実施例はSi粒子の平均粒子径と複合材の耐摩耗性及び鍛造加工性との関係を調べたものである。

第3表

試料No		Si平均粒子 径(μm)	比摩耗量 ($mm^3 \cdot kg^{-1}$)	限界掘込率 500℃(%)
比較	11	0.05	51	65
	12	0.1	34	66
発明	13	1	30	63
	14	10	28	57
	15	100	20	50
比較	16	200	19	27
ACBA-T5		—	35	67

第3表に示される結果から、Si粒子の平均粒子径が0.1 μm 未満のものは、比摩耗量が大きく耐摩耗性に劣り、また100 μm を超えると限界掘込率が低下して鍛造加工が困難であることがわかる。

実施例4

この実施例は、マトリックスとするアルミニウム材のAl純度と複合材の熱伝導率との関係を調べたものである。

Al 純度を下記第4表のように各種に変え、
とともに、 V_f (S1) を15%に設定し、ボ
ールミル処理条件のうち、Ar 雰囲気中の酸素
濃度を0.1%以下、エタノール添加量を40
ccに設定して V_f ($Al_2O_3 + Al_4C_3$)
を6%にした以外は前記実施例1と同様の条件
及び製造方法により各種の複合材を得た。

そして、この各種複合材の熱伝導率を従来材
AC8A-T5 金型鋳造材のそれと比較した。
結果を第4表に示す。

第4表

試料No	Al 純度 (%)	熱 伝 導 率 (cal/cm ² ・℃・s)
発 明	17 99.99	0.35
	18 99.0 (Al100)	0.32
比 較	19 97.1 (A3003)	0.27
	20 98.8 (A8081)	0.24
AC8A-T5		0.29

第4表に示される結果から、Al 純度が99.

0%未満のものは従来材より熱伝導率が低く、
99.0%以上では従来材より熱伝導率が高い
ことがわかる。

実施例5

第2表の試料No. 10について、比重及び
切削工具寿命を調査し、従来材AC8A-T5
金型鋳造材のそれと比較した。切削試験は、試
料寸法：直径23mm×長さ200mm、小バイト：
K10、切削速度：247m/s、送り：0.
2mm/rev、切込み：1mm、切削回数：8回、
潤滑：なし、の条件で行い、バイト逃げ面の摩
耗幅を測定した。結果を第5表に示す。

第5表

試料No	比 重	バイト摩耗幅 (μm)
発明 10	2.66	28
AC8A-T5	2.72	55

第5表の結果から、本発明実施品は従来材よ
りも比重が軽く、切削工具寿命も優れているこ

とがわかる。

発明の効果

請求項(1)及び(2)に記載のこの発明に
よれば、耐熱強度に優れかつ耐摩耗性、低熱膨
脹、高熱伝導率、加工性にも優れたアルミニウ
ム基複合材料を提供することができ、苛酷な条
件下で使用される内燃機関部品の用途に好適し、
その大幅な軽量化の達成を可能とする。

以 上

特許出版人 昭和アルミニウム株式会社
代 理 人 弁理士 清水 久 義

